

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10335139 A**

(43) Date of publication of application: **18.12.98**

(51) Int. Cl

H01F 7/128

H01F 7/16

F02M 51/06

F16K 31/06

(21) Application number: **09138732**

(71) Applicant: **DENSO CORP**

(22) Date of filing: **28.05.97**

(72) Inventor: **TANI TAKIO**

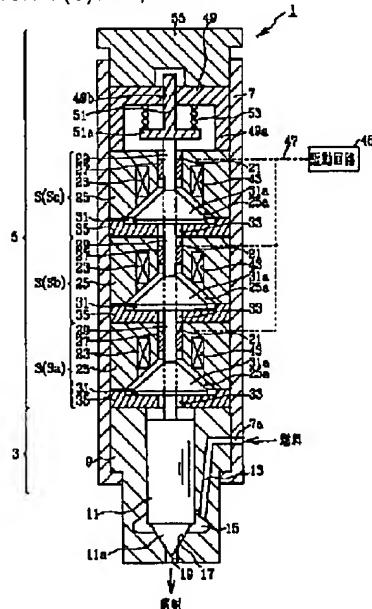
(54) SOLENOID

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solenoid in which a large mechanical output (actuating force in an axial direction of a rod) is surely obtained, in spite of a small diameter.

SOLUTION: A solenoid part 5 of an injector 1 for fuel injection is constituted, in an axial direction, by laminating three unit solenoid parts S provided with a stator 25 in which a coil 23 is wound, a rod 29 which is disposed in a through-hole 21 of the stator 25, while sliding is allowed and both ends thereof is protruded from the through-hole 21, and an armature 31 which is connected to a lower end of the rod 29 and attracted by a lower surface (a pole-face) 25a of the stator 25 with a magnetic flux of the coil 23, and moves the rod 29 upwards. Further, both the pole-face 25a of the stator 25 and a surface 31a on the side facing the pole-face 25a at the armature 31 are conical in shape. As a result, a large mechanical output is obtained by suppressing the effect of an air gap error, without enlarging the stator 25 and the coil 23.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-335139

(43) 公開日 平成10年(1998)12月18日

(51) Int.Cl. * 010 F 7/128
7/16
F 02 M 51/06
F 16 K 31/06 305

F I
H 0 1 F 7/16 G
F 0 2 M 51/06 F
F 1 6 K 31/06 3 0 5 C

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-138732

(71)出願人 000004260
株式会社デンソー

(22)出願日 平成9年(1997)5月28日

(72)発明者 谷 太喜男
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

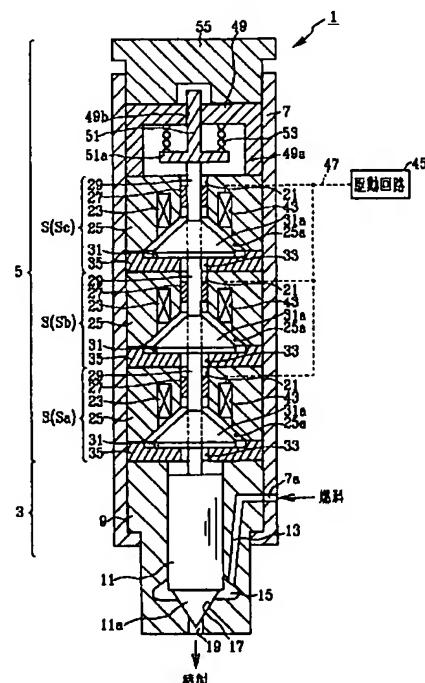
(74)代理人 弁理士 足立 勉

(54) 【発明の名称】 ソレノイド

(57) 【要約】

【課題】 小径であるにも拘らず大きな機械的出力（ロッドの軸方向の作動力）を確実に得ることができるソレノイドを提供する。

【解決手段】 燃料噴射用インジェクタ1のソレノイド部5は、コイル23が巻装されたステータ25と、ステータ25の貫通孔21に摺動可能に配置されて、両端が貫通孔21から突出したロッド29と、ロッド29の下端に連結され、コイル23の磁束によりステータ25の下面（磁極面）25aに吸引されて、ロッド29を上方に移動させるアーマチュア31と、を備えた3つの単位ソレノイド部分Sを軸方向に積層してなり、しかも、ステータ25の磁極面25aとアーマチュア31にて上記磁極面25aと対向する側の面31aとが共に円錐状になっている。この結果、ステータ25やコイル23を大型化することなく、且つ、エアギャップ誤差の影響を抑制して、大きな機械的出力を得ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸方向に貫通孔を有すると共に、コイルが巻装されたステータと、該ステータの前記貫通孔に摺動可能に配設され、両端が該貫通孔から突出したロッドと、該ロッドに連結され、前記コイルの磁束によって前記ステータに吸引されることにより、前記ロッドを前記ステータの軸方向に移動させるアーマチュアと、を備えた複数の単位ソレノイド部分を、前記ステータの軸方向に積層した構造を有し、前記各単位ソレノイド部分にて前記アーマチュアが前記ステータに吸引されることで生じる前記ロッドへの力が、最終段に配置された単位ソレノイド部分の前記ロッドに累積加算されるように構成されたソレノイドであって、前記各ステータにて前記アーマチュアを吸引する側の磁極面が、円錐状で且つ凹状に形成されていると共に、前記各アーマチュアにて前記磁極面と対向する側の面が、円錐状で且つ凸状に形成されていること、を特徴とするソレノイド。

【請求項2】 軸方向に貫通孔を有すると共に、コイルが巻装されたステータと、該ステータの前記貫通孔に摺動可能に配設され、両端が該貫通孔から突出したロッドと、該ロッドに連結され、前記コイルの磁束によって前記ステータに吸引されることにより、前記ロッドを前記ステータの軸方向に移動させるアーマチュアと、を備えた複数の単位ソレノイド部分を、前記ステータの軸方向に積層した構造を有し、前記各単位ソレノイド部分にて前記アーマチュアが前記ステータに吸引されることで生じる前記ロッドへの力が、最終段に配置された単位ソレノイド部分の前記ロッドに累積加算されるように構成されたソレノイドであって、前記各ステータにて前記アーマチュアを吸引する側の磁極面が、円錐状で且つ凸状に形成されていると共に、前記各アーマチュアにて前記磁極面と対向する側の面が、円錐状で且つ凹状に形成されていること、を特徴とするソレノイド。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載のソレノイドにおいて、

前記ステータは、

厚さが均一で且つ湾曲形状をなす複数の磁性体の板材を、渦巻き状に積層することで形成されていること、を特徴とするソレノイド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電磁式の燃料噴射弁などに用いられるソレノイドに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えばエンジンに燃料を噴射するための燃料噴射弁（以下、インジェクタという）と

して、電磁弁が採用されている。そして、この種の電磁弁は、軸方向に貫通孔を有すると共に、コイルが巻装された円柱状のステータ（固定鉄心）と、ステータの貫通孔に摺動可能に配設されて、両端が該貫通孔から突出したロッドと、このロッドに連結され、前記コイルの磁束によってステータに吸引されることにより、ロッドをステータの軸方向に移動させる円板状のアーマチュアと、からなるソレノイドを備えており、前記ロッドの移動に伴い、流体通路に配設された弁体が開弁位置或いは閉弁位置に動作するようになっている。

【0003】一方、近年のエンジンでは、所謂4バルブ化に代表されるように、吸気バルブと排気バルブを複数化することが盛んに行われており、それに伴い、インジェクタに対しては、小径化が要求されている。また更に、エンジンの排気ガス中の有害成分を低減するため、燃料の噴射圧力を高めることも要求されている。

【0004】そして、上記両方の要求を満たすことのできるインジェクタを得るために、小径で且つロッドの軸方向の作動力が大きいソレノイドが必要となる。例えば、インジェクタが常閉弁（ノーマルクローズ弁）であれば、弁体は付勢部材（ばね）により閉弁方向に付勢されるため、燃料噴射時に、コイルへ通電してアーマチュアをステータに吸引することにより、ロッドをステータの軸方向に移動させ、このロッドの軸方向の作動力により、上記付勢部材の付勢力に抗して弁体を開弁位置に動作させることとなる。そして、この常閉弁にて燃料の噴射圧力を高くした場合には、燃料の噴射を確実に停止させるために上記付勢部材の付勢力を大きく設定することとなり、その大きな付勢力に抗して弁体を開弁させるために、ロッドの作動力を大きくしなければならない。

【0005】また仮に、インジェクタが常開弁（ノーマルオーブン弁）であれば、弁体は付勢部材により開弁方向に付勢されるため、燃料噴射を行わない時に、コイルへ通電してアーマチュアをステータに吸引することにより、ロッドをステータの軸方向に移動させ、このロッドの軸方向の作動力により、上記付勢部材の付勢力に抗して弁体を開弁位置に動作させることとなるが、高压の燃料噴射を停止させるためには、ロッドの作動力を大きくする必要がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ここで、この種のソレノイドにおいて、ロッドの軸方向の作動力（以下、機械的出力ともいう）を大きくするには、一般的に、ステータ及びコイルを大型化すると共に、ステータにてアーマチュアを吸引する側の磁極面と、アーマチュアにてステータの磁極面に対向する面とを大きくして、アーマチュアに対するステータの電磁吸引力を増大させるようにすれば良いが、これではソレノイドの小径化を達成することができない。

【0007】そこで、本発明者は、小径で且つ機械的出

力が大きいソレノイドを得るために、ステータ、ロッド、及びアーマチュアからなる部分を単位ソレノイド部分として、その単位ソレノイド部分をステータの軸方向に複数積層した構造の採用を考えた。

【0008】つまり、1段目に配置された単位ソレノイド部分のロッドが、2段目に配置された単位ソレノイド部分のロッド（或いはアーマチュア）を押し、そのロッドが、3段目に配置された単位ソレノイド部分のロッドを押す、・・・といった具合に、各単位ソレノイド部分においてアーマチュアがステータに吸引されることで生じるロッドへの力が、最終段に配置された単位ソレノイド部分のロッドに累積加算されるようにするのである。

【0009】しかしながら、このような積層構造をただ単に採用すると、各単位ソレノイド部分におけるステータの磁極面とアーマチュアとの間隙（以下、エアギャップという）の製造ばらつきの影響が累積されて、所望の機械的出力を確実に得ることができないという問題が生じる。

【0010】即ち、アーマチュアに対するステータの電磁吸引力は、エアギャップの大きさに応じて変化するが、前述の如く複数の単位ソレノイド部分を積層した構造の場合には、各単位ソレノイド部分でのエアギャップのばらつきによる電磁吸引力の誤差が累積されてしまい、全体の機械的出力が大きくばらついてしまうこととなる。このため、所望の機械的出力を得ることのできるソレノイドを、安定して製造することが極めて困難になってしまふのである。

【0011】本発明は、こうした問題に鑑みなされたものであり、小径であるにも拘らず大きな機械的出力を確実に得ることができるソレノイドを提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段、及び発明の効果】本発明のソレノイドは、軸方向に貫通孔を有すると共に、コイルが巻装されたステータと、該ステータの貫通孔に摺動可能に配設され、両端が該貫通孔から突出したロッドと、該ロッドに連結され、前記コイルの磁束によってステータに吸引されることにより、ロッドをステータの軸方向に移動させるアーマチュアと、を備えた複数の単位ソレノイド部分を、ステータの軸方向に積層した構造を有しており、各単位ソレノイド部分にてアーマチュアがステータに吸引されることで生じるロッドへの力が、最終段に配置された単位ソレノイド部分のロッドに累積加算されるように構成されている。

【0013】そして特に、本発明のソレノイドでは、各ステータにてアーマチュアを吸引する側の磁極面が、円錐状で且つ凹状に形成されていると共に、各アーマチュアにてステータの前記磁極面と対向する側の面（以下、被吸引面という）が、円錐状で且つ凸状に形成されている。

【0014】このような本発明のソレノイドによれば、以下に説明する理由により、小径であるにも拘らず大きな機械的出力を確実に得ることができる。尚、以下の説明において、「平面形ソレノイド」とは、ステータの磁極面とアーマチュアの被吸引面とが両方共に平面状である従来からの一般的なソレノイドを指している。

【0015】まず、平面形ソレノイドでは、アーマチュアに対するステータの電磁吸引力の方向とロッドの移動方向とが一致するため、エアギャップ（ステータの磁極面とアーマチュアとの間隙）の製造ばらつきが、ロッドの作動力のばらつきに直接影響する。つまり、エアギャップの製造ばらつきによる電磁吸引力の誤差 ΔF が、そのままロッドの作動力の誤差となる（図4（A）参照）。よって、このような平面形ソレノイドを複数積層した場合には、前述したように、エアギャップの製造ばらつきによって、全体の機械的出力が大きくばらついてしまう。

【0016】これに対して、本発明のソレノイドにおける単位ソレノイド部分では、ステータの磁極面が円錐状で且つ凹状に形成されていると共に、その磁極面と対向するアーマチュアの被吸引面が円錐状で且つ凸状に形成されているため、アーマチュアに対するステータの電磁吸引力の方向とロッドの移動方向とが、ステータの磁極面及びアーマチュアの被吸引面と、ステータの軸方向に直交する方向とのなす角度 θ だけずれることとなる。よって、エアギャップの製造ばらつきによりアーマチュアに対するステータの電磁吸引力がばらついても、その電磁吸引力のばらつきがロッドの作動力に与える影響は、上記角度 θ の分だけ低減される。

【0017】具体的には、エアギャップの製造ばらつきによるステータの電磁吸引力の誤差を ΔF とすると、本発明の各単位ソレノイド部分において、エアギャップの製造ばらつきによるロッドの作動力のばらつき ΔF_s は、「 $\Delta F \times \cos \theta = \Delta F_s < \Delta F$ 」となる（図4（B）参照）。

【0018】つまり、平面形ソレノイドでは、エアギャップの製造ばらつきによる電磁吸引力の誤差 ΔF が、そのままロッドの作動力の誤差となるのに対して、本発明の各単位ソレノイド部分では、エアギャップの製造ばらつきによるロッドの作動力のばらつき ΔF_s が、電磁吸引力の誤差 ΔF の $\cos \theta$ 倍に低減されるのである。

【0019】よって、このような単位ソレノイド部分を、「 $1/\cos \theta$ 」に最も近い整数 n 個分だけ積層しても、エアギャップの製造ばらつきによる機械的出力の誤差は、平面形ソレノイド1個の場合の誤差 ΔF とほぼ等しい値に抑えられることとなる。

【0020】次に、本発明のソレノイドでは、アーマチュアに対するステータの電磁吸引力の方向とロッドの移動方向とが上記角度 θ だけずれているため、1つの単位ソレノイド部分においては、ロッドの作動力が、平面形

ソレノイドの場合よりも小さくなる。しかし、ステータの磁極面及びアーマチュアの被吸引面の総面積は、平面形ソレノイドの場合よりも大きくなるため、1つの単位ソレノイド部分においてロッドに与えられる力は、平面形ソレノイドの場合と比較して、上記 $\cos \theta$ 倍ほどは低減されない。

【0021】よって、本発明の単位ソレノイド部分を、上記整数 n 個分だけ積層すれば、その全体の機械的出力は、平面形ソレノイド1個の機械的出力よりも大きくなる。このため、本発明のソレノイドよれば、ステータ及びコイルを大型化することなく、しかも、エアギャップの製造ばらつきによる影響を抑制して、より大きな機械的出力を得ることができるようになり、この結果、小径であるにも拘らず大きな機械的出力を確実に得ることができるソレノイドとなる。

【0022】ところで、ステータにてアーマチュアを吸引する側の磁極面と、アーマチュアにてステータの磁極面と対向する側の面（被吸引面）は、請求項2に記載のように、ステータの磁極面を円錐状で且つ凸状に形成し、アーマチュアの被吸引面を円錐状で且つ凹状に形成するようにしても、前述した効果と全く同様の効果を得ることができる。

【0023】一方、ステータは、請求項3に記載のように、厚さが均一で且つ湾曲形状をなす複数の磁性体の板材を、渦巻き状に積層して形成すれば、厚さが均一で飽和磁束の大きい電磁鋼板（例えばケイ素鋼板）を密に重ね合わせて、電磁吸引力が高い円柱状のステータを簡単に得ることができる。また、ステータに流れる渦電流を低減でき、この結果、当該ステータを用いた電磁弁の作動応答性を高めることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明が適用された実施形態のインジェクタについて図面を用いて説明する。尚、本実施形態のインジェクタは、ディーゼルエンジンの各気筒に設けられて燃料を噴射するものであり、常閉弁（ノーマルクローズ弁）として機能する。つまり、コイルが消磁されている通常時には、付勢部材（ばね）の付勢力により弁体が燃料通路を閉鎖する位置に保持され、コイルが励磁されると、弁体が燃料通路を開放して、燃料の噴射が行われるようになっている。但し、本発明は、下記の実施形態に限定されることなく、本発明の技術的範囲に属する限り、種々の形態を探り得ることは言うまでもない。

【0025】まず図1は、本実施形態のインジェクタ1の全体構成を示す断面図である。尚、以下の説明にて上下方向を意味する用語は、図1における方向に基づくものである。そして、図1の上下方向がインジェクタ1の軸方向になっている。図1に示すように、インジェクタ1は、エンジンの気筒に燃料を噴射する燃料噴射部3と、外部からの電気信号を、燃料噴射部3を作動させる

ための機械エネルギーに変換するソレノイド部5とからなり、両部3、5は、円筒状のハウジング7により包囲されて一体化されている。

【0026】燃料噴射部3は、ハウジング7の最下部に組み付けられたバルブケーシング9と、そのバルブケーシング9の内部にて上下方向に摺動可能に配置された、弁体としてのニードル弁11とからなり、ニードル弁11の先端（図1の下端）にはシート面11aが形成されている。また、バルブケーシング9には、ハウジング7に設けられた燃料供給孔7aに連通する燃料通路13が形成されており、その燃料通路13の奥には、環状の燃料室15が形成されている。そして、バルブケーシング9において、燃料室15の下方には、ニードル弁11のシート面11aに当接するテーパ状の弁座17が形成されており、更に弁座17の下方には、燃料通路13から燃料室15へ供給された高圧燃料を外部（即ち、エンジンの気筒）へ噴射するための噴孔19が形成されている。

【0027】次に、ソレノイド部5は、ハウジング7の内部においてバルブケーシング9の上方に、3つの単位ソレノイド部分Sを積層して備えている。尚、以下の説明において、3つの単位ソレノイド部分Sの各々を特に区別する場合には、バルブケーシング9の上方1段目に配置されたものを第1の単位ソレノイド部分Saと言い、2段目に配置されたものを第2の単位ソレノイド部分Sbと言い、3段目（最上段）に配置されたものを第3の単位ソレノイド部分Scと言う。

【0028】単位ソレノイド部分S（Sa、Sb、Sc）の各々は、軸方向（図1の上下方向）に貫通孔21を有すると共にコイル23が巻装されたステータ25と、ステータ25の貫通孔21に圧入された円筒形のブッシュ27と、このブッシュ27に摺動可能に挿通されて、両端がステータ25の貫通孔21から突出したロッド29と、ロッド29の下端に連結され、コイル23の磁束によってステータ25の下面側に吸引されることにより、ロッド29を上方に移動させるアーマチュア31と、ステータ25の下面縁部に当接した状態で配置されると共に、ステータ25の貫通孔21に対応した位置に円孔33が設けられた非磁性材のスペーサ35と、から構成されている。

【0029】そして、各単位ソレノイド部分Sa、Sb、Scは、第1の単位ソレノイド部分Saのスペーサ35が、バルブケーシング9の上面に当接し、第2の単位ソレノイド部分Sbのスペーサ35が、第1の単位ソレノイド部分Saのステータ25の上面に当接し、第3の単位ソレノイド部分Scのスペーサ35が、第2の単位ソレノイド部分Sbのステータ25の上面に当接した状態で、順次積層されている。

【0030】これにより、ニードル弁11の後端（図1の上端）が、第1の単位ソレノイド部分Saのスペーサ

35に設けられた円孔33を貫通して、該第1の単位ソレノイド部分S_aのアーマチュア31の下面に当接し、また、第1の単位ソレノイド部分S_aのロッド29の上端が、第2の単位ソレノイド部分S_bのスペーサ35に設けられた円孔33を貫通して、該第2の単位ソレノイド部分S_bのアーマチュア31の下面に当接し、更に、第2の単位ソレノイド部分S_bのロッド29の上端が、第3の単位ソレノイド部分S_cのスペーサ35に設けられた円孔33を貫通して、該第3の単位ソレノイド部分S_cのアーマチュア31の下面に当接している。

【0031】そして特に、本実施形態においては、各単位ソレノイド部分Sを構成するステータ25の下面、即ちステータ25にてアーマチュア31を吸引する側の磁極面25aが、円錐状で且つ凹状に形成されており、また、これに対応して、アーマチュア31の上面、即ちアーマチュア31にてステータ25の磁極面25aと対向する側の面である被吸引面31aが、円錐状で且つ凸状に形成されている。

【0032】ここで、ステータ25について、更に詳細に説明すると、ステータ25の下面図である図2に示すように、ステータ25は、磁性体からなる複数の板材41を渦巻き状に積層することで円柱状に形成されている。具体的には、まず、ステータ25を形成する板材41は、図3に示すように、厚さが均一で且つ全体が湾曲形状に形成されている。また、板材41の平面形状は、1つの内角が鋭角である台形に近い形状となっている。そして、板材41にてステータ25の円錐状の磁極面25aとなる斜めの側縁（以下、斜縁部という）41aには、凹部41bが形成されている。尚、本実施形態では、板材41として、板厚が均一のケイ素鋼板を使用しており、そのケイ素鋼板のプレス抜打により、図3の形状の板材41が形成されている。

【0033】そして、ステータ25は、図3の板材41を、治具等により当該ステータ25の中心軸線に対し渦巻き状に配置して、その外周を円状にレーザ等により溶接することで、全体が円柱状に形成されている。これにより、図1及び図2に示されている如く、ステータ25の下面（磁極面25a）側に、板材41の凹部41bに対応した環状のコイル挿入溝43が形成されると共に、ステータ25の中央位置に、板材41の面に沿った方向を軸方向として貫通孔21が形成され、更に、ステータ25の磁極面25aは、板材41の斜縁部41aによって、円錐状で且つ凹状となる。

【0034】そして、図1に示されている如く、ステータ25のコイル挿入溝43に、前述したコイル23が嵌挿されており、各単位ソレノイド部分S_a、S_b、S_cのコイル23は、図示しない燃料噴射制御装置に備えられた駆動回路45に、リード線47を介して並列に接続されている。

【0035】一方、図1に示すように、ソレノイド部5

において、第3の単位ソレノイド部分S_cの上方には、有底円筒状のカバー49が、その底部を上側にした状態でハウジング7の内周面に密着固定されている。そして、カバー49の底部から図1にて下方に延びた環状の筒部49aが、第3の単位ソレノイド部分S_cのステータ25の上面縁部を上方から押圧している。

【0036】また、カバー49の内部には、フランジ部51aを有するスプリングロッド51が収容されており、このスプリングロッド51の上端は、カバー49の底部中央に形成された円孔49bから上方へ突出している。更に、カバー49の内部には、カバー49の底部とスプリングロッド51のフランジ部51aとの間に、付勢部材としてのスプリング（ばね）53が配置されており、このスプリング53によって、スプリングロッド51が下方に付勢されている。そして、スプリングロッド51のフランジ部51aの下面が、第3の単位ソレノイド部分S_cのロッド29の上端に当接している。

【0037】一方更に、ソレノイド部5において、カバー49の上方には、ハウジング7の上部開口を閉鎖すると共に、スプリングロッド51の上方への可動域を規制するためのストップ55が、ハウジング7の内周面に密着して取り付けられている。以上のようなインジェクタ1は、例えば、以下の手順で組み立てられている。

【0038】まず、ハウジング7の最下部にバルブケーシング9を組み付け、更に、そのバルブケーシング9に、ニードル弁11を組み込む。次に、バルブケーシング9の上方に、3つの単位ソレノイド部分S（S_a、S_b、S_c）を図1の如く順次積層する。尚、単位ソレノイド部分Sの各々は、前述したように複数の板材41で形成したステータ25のコイル挿入溝43にコイル23を嵌挿すると共に、ステータ25の貫通孔21にブッシュ27を圧入した後、そのブッシュ27に、アーマチュア31を取り付けたロッド29を、ステータ25の磁極面25a側から挿通し、その後、ステータ25の磁極面25a側にスペーサ35を当接させた状態で、ハウジング7の上部開口から下方へ押し込まれる。

【0039】その後、最上段に配置された第3の単位ソレノイド部分S_cの上方に、スプリングロッド51とスプリング53を収容したカバー49を取り付け、最後に、カバー49の上方にストップ55を取り付ける。これにより、ニードル弁11の後端（図1の上端）が、第1の単位ソレノイド部分S_aのアーマチュア31の下面に当接し、第1の単位ソレノイド部分S_aのロッド29の上端が、第2の単位ソレノイド部分S_bのアーマチュア31の下面に当接し、第2の単位ソレノイド部分S_bのロッド29の上端が、第3の単位ソレノイド部分S_cのアーマチュア31の下面に当接し、更に、第3の単位ソレノイド部分S_cのロッド29の上端が、スプリングロッド51のフランジ部51aの下面に当接した、当該インジェクタ1の完成状態となる。

【0040】このようなインジェクタ1においては、ハウジング7に設けられた燃料供給孔7aに外部から高圧燃料が供給され、その高圧燃料は、バルブケーシング9内の燃料通路13を経由して、同じくバルブケーシング9内の燃料室15に供給される。

【0041】ここで、各単位ソレノイド部Sa, Sb, Scのコイル23に通電されていないコイル23の消磁状態(図1の状態)では、スプリング53の付勢力により、スプリングロッド51及び各単位ソレノイド部分Sa, Sb, Scのロッド29を介して、ニードル弁11が下方に押し付けられ、これにより、ニードル弁11のシート面11aがバルブケーシング9の弁座17に当接して、当該インジェクタ1は閉弁状態となる。そして、この閉弁状態では、図4(B)に示すように、各単位ソレノイド部分Sa, Sb, Scにおいて、ステータ25の磁極面25aとアーマチュア31の被吸引面31aとの間に、所定量のエアギャップA/Gが確保される。

【0042】一方、図示しない燃料噴射制御装置が駆動回路45及びリード線47を介して、各単位ソレノイド部Sa, Sb, Scのコイル23に通電すると、3つのコイル23が同時に励磁される。すると、各単位ソレノイド部分Sa, Sb, Scにおいて、コイル23の磁束によりステータ25に電磁吸引力が発生し、この電磁吸引力によりアーマチュア31がステータ25に吸引されて、ロッド29がスプリング53の付勢力に抗して上方へ移動する。そして、これに伴い前記エアギャップA/Gが小さくなる。

【0043】尚、この場合には、第1の単位ソレノイド部分Saのロッド29が、第2の単位ソレノイド部分Sbのアーマチュア31及びロッド29を上方へ押し、第2の単位ソレノイド部分Sbのロッド29が、第3の単位ソレノイド部分Scのアーマチュア31及びロッド29を上方へ押す、といった具合に、各単位ソレノイド部分Sa, Sb, Scにてアーマチュア31がステータ25に吸引されることで生じるロッド29への力が、第3の単位ソレノイド部分Scのロッド29に累積加算され、単位ソレノイド部分Sが1個の場合に比べて3倍の機械的出力が得られる。

【0044】この結果、スプリング53によるニードル弁11への下方への押し付け力が無くなって、ニードル弁11は、燃料室15内の燃料圧力により上昇し、これに伴い、バルブケーシング9の燃料室15と噴孔19とが連通して、噴孔19から燃料が高圧で噴射される。

【0045】そして、コイル23への通電が停止されると、ステータ25の電磁吸引力が消失して、スプリング53の付勢力により再び前述の閉弁状態に戻ることとなる。以上詳述したように、本実施形態のインジェクタ1に用いられたソレノイド部5は、複数の単位ソレノイド部分Sを積層した構造を有し、各単位ソレノイド部分Sにてアーマチュア31がステータ25に吸引されること

で生じるロッド29への力が、最終段に配置された単位ソレノイド部分Sのロッド29に累積加算されるように構成されており、しかも、各ステータ25の磁極面25aが円錐状で且つ凹状に形成されると共に、アーマチュア31の被吸引面31aが円錐状で且つ凸状に形成されている。

【0046】このため、本実施形態のソレノイド部5によれば、小径であるにも拘らず大きな機械的出力(ロッド29の軸方向の作動力)を確実に発生することができ、この結果、インジェクタ1は、小径でありながら高圧の燃料噴射が可能なものとなる。

【0047】この理由について説明すると、まず、図4(A)に示すように、平面状の磁極面25a'を持つステータ25'と、平面状の被吸引面31a'を持つアーマチュア31'を備えた従来からの一般的なソレノイド(以下、平面形ソレノイドという)では、アーマチュア31'に対するステータ25'の電磁吸引力の方向とロッド29の移動方向とが一致するため、エアギャップA/Gの製造ばらつきによる電磁吸引力の誤差△Fが、そのままロッド29の作動力の誤差△Fh(=△F)となる。よって、このような平面形ソレノイドを、仮に本実施形態のソレノイド部5の如く複数積層したならば、エアギャップA/Gの製造ばらつきによって、全体の機械的出力が大きくばらついてしまう。

【0048】これに対して、本実施形態のソレノイド部5を構成する単位ソレノイド部分Sでは、図4(B)に示すように、アーマチュア31に対するステータ25の電磁吸引力の方向とロッド29の移動方向とが、ステータ25の磁極面25a及びアーマチュア31の被吸引面31aと、ステータ25の軸方向に直交する方向とのなす角度θだけずれることとなる。そして、エアギャップA/Gの製造ばらつきによるステータ25の電磁吸引力の誤差を△Fとすると、単位ソレノイド部分Sにおいて、エアギャップA/Gの製造ばらつきによるロッド29の作動力のばらつき△Fsは、「 $\Delta F \times \cos \theta = \Delta F_s < \Delta F = \Delta Fh$ 」となる。

【0049】つまり、本実施形態の単位ソレノイド部分Sでは、エアギャップA/Gの製造ばらつきによるロッド29の作動力のばらつき△Fsが、平面形ソレノイドの場合のばらつき△Fhに対して、ほぼ $\cos \theta$ 倍に低減されるのである。そこで、本実施形態では、上記角度θを具体的には約70°に設定しており、これにより、エアギャップA/Gの製造ばらつきによるロッド29の作動力のばらつき△Fsが、平面形ソレノイドの場合のばらつき△Fhに対して、約1/3(=ほぼ $\cos 70^\circ$)となるようにしている。そして、これにより、単位ソレノイド部分Sを図1の如く3個積層しても、エアギャップA/Gの製造ばらつきによる機械的出力の全誤差($= 3 \times \Delta F_s$)は、平面形ソレノイド1個の場合の誤差△Fhとほぼ等しい値にまで抑えられることとなる。

【0050】次に、本実施形態のソレノイド部5では、アーマチュア31に対するステータ25の電磁吸引力の方向とロッド29の移動方向とが上記角度θだけずれているため、1つの単位ソレノイド部分Sにおいては、ロッド29の作動力が、平面形ソレノイドの場合よりも小さくなる。しかし、ステータ25の磁極面25a及びアーマチュア31の被吸引面31aの総面積は、平面形ソレノイドの場合よりも大きくなるため、1つの単位ソレノイド部分Sにおいてロッド29に与えられる力は、平面形ソレノイドの場合と比較して、上記 $\cos\theta$ 倍ほどは低減されない。

【0051】よって、本実施形態の単位ソレノイド部分Sを、図1の如く3個積層すれば、その全体の機械的出力は、平面形ソレノイド1個の機械的出力よりも大きくなる。このため、本実施形態のソレノイド部5よりは、ステータ25及びコイル23を大型化することなく、しかも、エアギャップA/Gの製造ばらつきによる影響を抑制して、より大きな機械的出力を得ることができるようになり、この結果、小径であるにも拘らず大きな機械的出力を確実に得ることができる。

【0052】ここで、平面形ソレノイドと、上記角度θを約70°に設定した本実施形態の単位ソレノイド部分Sとの各々について、エアギャップA/Gと、ロッド29の作動力Fとの関係を計算した結果を図5に示す。尚、図5においては、実線が平面形ソレノイドの場合を示しており、一点鎖線が本実施形態の単位ソレノイド部分Sの場合を示している。また、図5は、ステータ25の磁極面25a及びアーマチュア31の被吸引面31aの形状以外については、全く同条件で計算した結果を示している。

【0053】図5から分かるように、エアギャップA/Gが50μmから60μmまでの範囲でばらついた場合に、本実施形態の単位ソレノイド部分Sにおけるロッド29の作動力のばらつき△F_sは、平面形ソレノイドにおけるロッド29の作動力のばらつき△F_hに対して、約1/3になっている。これに対し、エアギャップA/Gが50μmの場合に、本実施形態の単位ソレノイド部分Sにおけるロッド29の作動力F_sは、平面形ソレノイドにおけるロッド29の作動力F_hに対して、約2/3にとどまっている。

【0054】このため、本実施形態の単位ソレノイド部分Sを3個積層して、エアギャップA/Gの製造ばらつきによる機械的出力の全誤差を平面形ソレノイド1個の場合と同等にした場合には、平面形ソレノイド1個の場合の機械的出力に比べて、約2倍の力を発生可能なことが分かる。

【0055】そして、本実施形態のインジェクタ1によれば、前述したようにソレノイド部5が小径であるにも拘らず大きな機械的出力を確実に発生可能であるため、スプリング53の付勢力を一層大きく設定して、より高

圧の燃料噴射を確実に停止できるようにしても、そのスプリング53の付勢力に抗して燃料噴射を行えるようにできるため、小径でありながら高圧の燃料噴射が可能となる。

【0056】一方、本実施形態のインジェクタ1では、板厚が均一で且つ湾曲形状をなす磁性体の板材41をプレス加工で成形し、その板材41を渦巻き状に積層することでステータ25を構成している。このため、切削法や焼結法を用いることなく、電磁吸引力の高い円柱状のステータ25を簡単に製作することができる。また、ステータ25に流れる渦電流を低減でき、インジェクタ1の高速応答性が得られる。

【0057】尚、上記実施形態では、ロッド29が、各単位ソレノイド部分S_a、S_b、S_c毎に独立したもの（分離したもの）であったが、これは、インジェクタ1を製造し易くするためであり、各単位ソレノイド部分S_a、S_b、S_cのロッド29としては、全てが一本の部材としてつながっている構成を採用しても、全く同様の効果を得ることができる。

【0058】また、上記実施形態は、3つの単位ソレノイド部分Sを積層したものであったが、積層する単位ソレノイド部分Sの数は、適宜選択することができる。一方、上記実施形態では、ステータ25の磁極面25aを円錐状で且つ凹状とし、アーマチュア31の被吸引面31aを円錐状で且つ凸状としたが、これとは逆に、図6に示す如く、ステータ25の磁極面25aを円錐状で且つ凸状とし、アーマチュア31の被吸引面31aを円錐状で且つ凹状としても、前述した実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0059】また、上記実施形態は、本発明のソレノイドをインジェクタに適用したものであったが、本発明は、他の電磁弁にも同様に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態のインジェクタの全体構成を示す断面図である。

【図2】 ステータの下面図である。

【図3】 ステータを形成する板材の形状を示す斜視図である。

【図4】 実施形態のインジェクタに用いられたソレノイド部の効果を説明する模式図である。

【図5】 実施形態のインジェクタに用いられたソレノイド部の効果を説明するグラフである。

【図6】 他の実施形態を説明する説明図である。

【符号の説明】

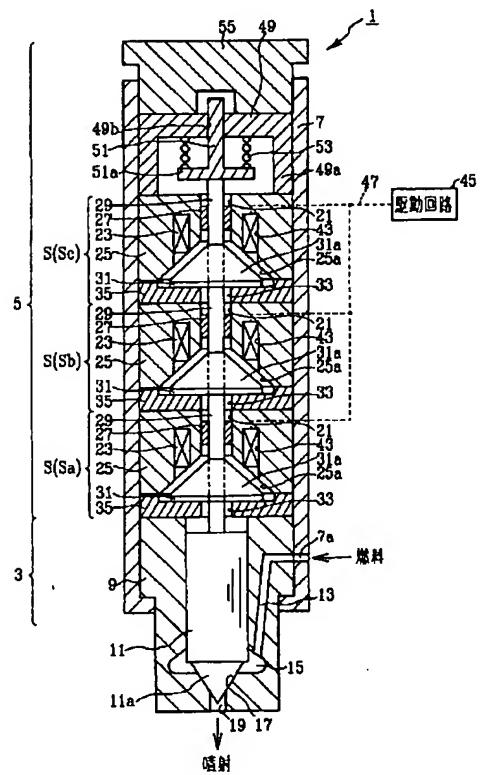
1…インジェクタ 3…燃料噴射部 5…ソレノイド部

7…ハウジング 9…バルブケーシング 11…ニードル弁

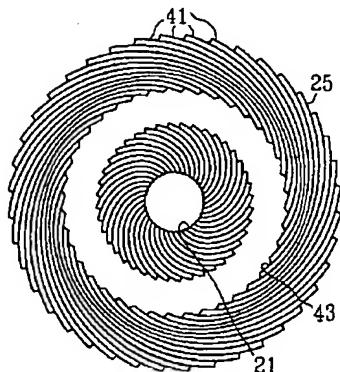
S (S_a、S_b、S_c)…単位ソレノイド部分 21…貫通孔

23…コイル 25…ステータ 25a…磁極面
 27…ブッシュ 43…コイル挿入溝 49…カバー 51…スプリ
 29…ロッド 31…アーマチュア 31a…被吸
 引面 35…スベーサ 41…板材 41a…斜縁部
 41b…凹部 49…カバー 51…スプリ
 53…スプリング 55…ストッパ

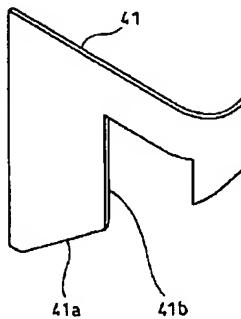
【図1】



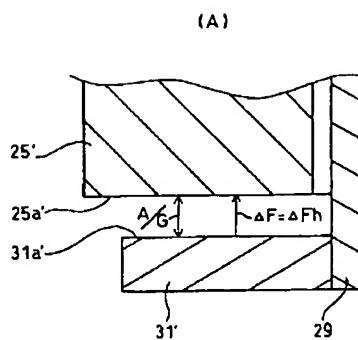
・【図2】



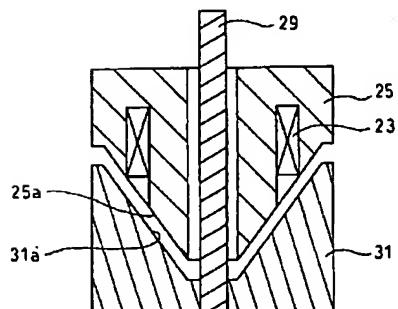
【図3】



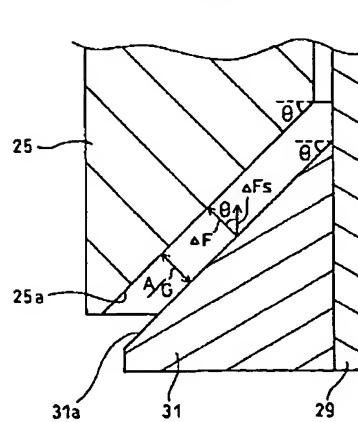
【图4】



【図6】



(B)



【図5】

